

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-201092

(43)Date of publication of application : 16.07.2002

(51)Int.Cl.

C30B 29/06  
C30B 15/00

(21)Application number : 2001-358065

(71)Applicant : SILTRON INC

(22)Date of filing : 22.11.2001

(72)Inventor : LEE HONG-WOO  
CHOI JOON-YOUNG  
CHO HYON-JONG  
YOO HAK-DO

(30)Priority

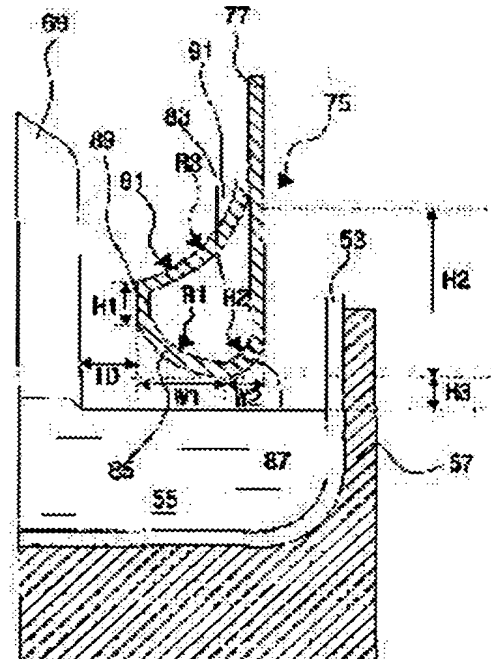
Priority number : 2000 200071000 Priority date : 27.11.2000 Priority country : KR

## (54) APPARATUS FOR MANUFACTURING SINGLE CRYSTAL INGOT

(57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide an apparatus for manufacturing single crystal which is reduced in deviation in generation of crystal defect by reducing the deviation of vertical temperature gradient in a center part and a peripheral part of grown single crystal ingot.

**SOLUTION:** The apparatus consists of a chamber, a quartz crucible for filling silicon liquid for growth of single silicon ingot, a base of the crucible, a heater, a thermal insulation cylinder, a 1st shielding part 77, a thermal shield 81 composed of a 2nd shielding part, and 3rd shielding part 81. The 3rd shielding part 81 is composed of a 1st surface 85 which is apart from single crystal ingot 69 and silicon liquid 55 by horizontally corresponding distance W1, and having 1st radius of curvature R1, a 2nd surface 87 which is apart from the heater at the opposite side of the single crystal ingot 69, and silicon liquid by horizontally corresponding distance W2, and having a second radius of curvature R2, a 3rd surface 89 which is facing to outer surface of the single crystal ingot 69, and a 4th surface 91 which is having a 3rd radius of curvature R3 toward upward.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

06.11.2002

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

(19) 日本国特許庁 (J P)

## (12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-201092

(P2002-201092A)

(43) 公開日 平成14年7月16日 (2002.7.16)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>C 3 0 B 29/06  
15/00

識別記号

5 0 2

F I

C 3 0 B 29/06  
15/00

テームコード\* (参考)

5 0 2 C 4 G 0 7 7  
Z

審査請求 未請求 請求項の数27 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願2001-358065(P2001-358065)

(22) 出願日 平成13年11月22日 (2001. 11. 22)

(31) 優先権主張番号 2 0 0 0 - 0 7 1 0 0 0

(32) 優先日 平成12年11月27日 (2000. 11. 27)

(33) 優先権主張国 韓国 (K R)

(71) 出願人 501348265

シルترون インク

大韓民国 キョンサンブクドー グミシ

インスードング 274

(72) 発明者 李 洪 雨

大韓民国 キョンサンブクドー グミシ

ナントンドング ドーサングリーン アバ

ート 102-1501

(74) 代理人 100086368

弁理士 萩原 誠

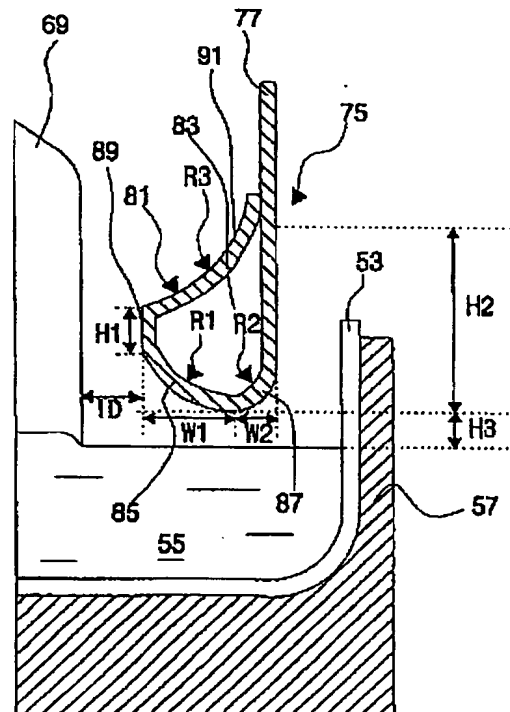
最終頁に続く

## (54) 【発明の名称】 単結晶インゴットの製造装置

## (57) 【要約】

【課題】 成長した単結晶インゴットの中心部と外周部との垂直温度勾配の偏差を減らすことにより、結晶欠陥発生の偏差を減少させる単結晶インゴットの製造装置を提供する。

【解決手段】 チャンバと、単結晶インゴットの成長のためのシリコン融液を充填する石英坩堝と、坩堝支持台と、ヒータと、保温筒と、第1遮蔽部77、第2遮蔽部および第3遮蔽部81からなる熱シールド75とを含み、第3遮蔽部81は、単結晶インゴット69及びシリコン融液55に向けて水平対応距離W1と第1曲率半径R1を有する第1面85と、単結晶インゴット69と反対側のヒータ及びシリコン融液55に向けて水平対応距離W2と第2曲率半径R2を有する第2面87と、単結晶インゴット69の外周面と対向する第3面89と、チャンバの上部に向けて第3曲率半径R3を有する第4面91とからなる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 チャンパと、このチャンパ内に設置され、所定の直径Dを有する単結晶インゴットの成長のためのシリコン融液を充填する石英坩堝と、この石英坩堝を被覆し、回転軸上に固定設置される坩堝支持台と、この坩堝支持台を取り囲む円筒状のヒータと、このヒータを取り囲むように設置され、前記ヒータから発散される熱の前記チャンパ壁側への拡散を防止する保温筒と、前記単結晶インゴットと坩堝との間に設置される円筒状の第1遮蔽部、この第1遮蔽部の上部と連結され、前記保温筒上に固定されるフランジ状の第2遮蔽部、および前記第1遮蔽部の下部と連結され、前記単結晶インゴット側へ突出する第3遮蔽部からなる熱シールドと、を含む単結晶インゴットの製造装置において、前記第3遮蔽部は、前記単結晶インゴット及び前記シリコン融液に向けて水平対応距離W1と第1曲率半径R1を有する第1面と、前記単結晶インゴットと反対側の前記ヒータ及び前記シリコン融液に向けて水平対応距離W2と第2曲率半径R2を有する第2面と、前記単結晶インゴットの外周面と対向する第3面と、前記チャンパの上部に向けて第3曲率半径R3を有する第4面とからなることを特徴とする単結晶インゴットの製造装置。

【請求項2】 前記熱シールドはMo、W、C又はSiCがコートされた黒鉛からなることを特徴とする請求項1に記載の単結晶インゴットの製造装置。

【請求項3】 第3遮蔽部はその内部にカーボンフェルト(carbon felt)からなる断熱部をさらに含むことを特徴とする請求項1に記載の単結晶インゴットの製造装置。

【請求項4】 第3遮蔽部は前記第3面が単結晶インゴットから10mm～30mm離れて設置されることを特徴とする請求項1に記載の単結晶インゴットの製造装置。

【請求項5】 前記第1面及び第2面は凸状に形成されることを特徴とする請求項1に記載の単結晶インゴットの製造装置。

【請求項6】 前記第1面及び第2面の水平対応距離W1、W2の和は $0.5D \leq W1 + W2 \leq 1.0D$ であることを特徴とする請求項5に記載の単結晶インゴットの製造装置。

【請求項7】 前記第1面及び第2面の水平対応距離W1、W2の比率は $1.0 \leq W1 / W2 \leq 4.0$ であることを特徴とする請求項6に記載の単結晶インゴットの製造装置。

【請求項8】 前記第1面及び第2面の曲率半径R1、R2の比率は $1.0 \leq R1 / R2 \leq 3.0$ であることを特徴とする請求項5に記載の単結晶インゴットの製造装置。

【請求項9】 前記第1面の曲率半径と第2面の曲率半径とが同一であれば、第1面と第2面とが同一の中心点

を有することを特徴とする請求項8に記載の単結晶インゴットの製造装置。

【請求項10】 第4面は凹状に形成されることを特徴とする請求項5に記載の単結晶インゴットの製造装置。

【請求項11】 前記第4面は1つの曲率半径R3を有することを特徴とする請求項10に記載の単結晶インゴットの製造装置。

【請求項12】 前記曲率半径R3は $R3 \leq 2.0R1$ であることを特徴とする請求項11に記載の単結晶インゴットの製造装置。

【請求項13】 前記第4面は多段の曲率半径を有することを特徴とする請求項10に記載の単結晶インゴットの製造装置。

【請求項14】 前記多段の曲率半径は前記単結晶インゴットと隣接した部分から遠くなるほど漸次大きくなることを特徴とする請求項13に記載の単結晶インゴットの製造装置。

【請求項15】 前記第1面は凹状に、前記第2面は凸状にそれぞれ形成されることを特徴とする請求項1に記載の単結晶インゴットの製造装置。

【請求項16】 前記第1面及び第2面の水平対応距離W1、W2の和は $0.5D \leq W1 + W2 \leq 1.0D$ であることを特徴とする請求項15に記載の単結晶インゴットの製造装置。

【請求項17】 前記第1面及び第2面の水平対応距離W1、W2の比率は $1.0 \leq W1 / W2 \leq 4.0$ であることを特徴とする請求項15に記載の単結晶インゴットの製造装置。

【請求項18】 前記第1面及び第2面の曲率半径R1、R2の比率は $1.0 \leq R1 / R2 \leq 3.0$ であることを特徴とする請求項15に記載の単結晶インゴットの製造装置。

【請求項19】 前記第1面の曲率半径と第2面の曲率半径とが同一であれば、第1面と第2面とが同一の中心点を有することを特徴とする請求項18に記載の単結晶インゴットの製造装置。

【請求項20】 第4面は凹状に形成されることを特徴とする請求項15に記載の単結晶インゴットの製造装置。

【請求項21】 前記第4面は1つの曲率半径R3を有することを特徴とする請求項20に記載の単結晶インゴットの製造装置。

【請求項22】 前記曲率半径R3は $R3 \leq 2.0R1$ であることを特徴とする請求項21に記載の単結晶インゴットの製造装置。

【請求項23】 前記第4面は多段の曲率半径を有することを特徴とする請求項20に記載の単結晶インゴットの製造装置。

【請求項24】 前記多段の曲率半径は前記単結晶インゴットと隣接した部分から遠くなるほど漸次大きくなる

ことを特徴とする請求項23に記載の単結晶インゴットの製造装置。

【請求項25】 前記第3面の高さ $H1$ は $0.05D \leq H1 \leq 0.35D$ であることを特徴とする請求項1に記載の単結晶インゴットの製造装置。

【請求項26】 前記第3遮蔽部の高さ $H2$ は $1.0D \leq H2 \leq 2.0D$ であることを特徴とする請求項1に記載の単結晶インゴットの製造装置。

【請求項27】 前記第3遮蔽部の最底面部は前記シリコン融液面より30~100mm高くなっていることを特徴とする請求項1に記載の単結晶インゴットの製造装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は液状のシリコンを棒状の単結晶に成長させる単結晶インゴットの製造装置に関する。

【0002】

【従来の技術】半導体等の電子部品を生産するための素材として用いられるシリコン等のウェハ(wafer)はシリコン単結晶インゴット(ingot)をスライスして作製する。シリコン単結晶インゴットは、多結晶シリコンを液状に溶解させた後、チョクラルスキ法(Czochralski method、以下、CZ法という。)等で結晶成長させて製造する。

【0003】シリコン単結晶をCZ法に基づいて結晶成長させるにあたって、単結晶内の欠陥特性は結晶の引上げ速度及び冷却等の成長条件に大きく依存する。したがって、成長界面付近の熱環境を調節することにより結晶欠陥の種類及び分布を制御しようとする努力が続けられている。

【0004】シリコン融液が固体結晶化されながらベカンシ型(vacancy-type)とインタスティシャル型(interstitial-type)の点欠陥(point defect)が平衡濃度以上に混入されると、冷却中にこの点欠陥の凝集が起こり成長した結晶欠陥に展開する。ボロンコフ理論(by V.V. Voronkov, The Mechanism of Swirl Defects Formation in Silicon, Journal of Crystal Growth, Vol. 59, 1982, P. 625.)によれば、このような欠陥の形成は $V/G$ 比と密接な関係を有していることがわかる。ここで、 $V$ はインゴットの引上げ速度、 $G$ はインゴット-シリコン融液の接触面の温度勾配(結晶成長界面付近の結晶内の垂直温度勾配)である。

【0005】前記 $V/G$ 比がある臨界値を超えるとベカンシ型の結晶欠陥が発生し、その以下ではインタスティシャル型の結晶欠陥が発生する。したがって、単結晶インゴットの製造装置を用いて結晶を成長させる際、所定のホットゾーン(hot zone)の一定の成長条件下では引上げ速度が結晶内に存在する欠陥の種類、サイズ及び密度等に影響を及ぼす。

【0006】一般に、結晶内の垂直温度勾配 $G$ はインゴットの中心で最も小さく、周縁部へ行くほど大きくなる。したがって、インゴットの中心部はベカンシ型の結晶欠陥領域の形成が容易であり、外周部はインタスティシャル型の結晶欠陥領域の形成が容易である。このような結晶欠陥は食刻(etching)または熱処理等の所定の処理後、ウェハの表面にCOP(Crystal Originated Particle)、LDP(Large Dislocation Pit)またはOSF(Oxidation Induced Stacking Fault)等の欠陥として観察される。

【0007】したがって、結晶成長の際中心部でのベカンシ型結晶欠陥の発生を抑制し、外周部でのインタスティシャル型結晶欠陥の発生を抑制するために、単結晶インゴットの結晶半径方向への垂直温度勾配の偏差 $\Delta G$ 、即ち、単結晶インゴット中心部の垂直温度勾配 $G_c$ と外周部の垂直温度勾配 $G_e$ との差を減らし、成長界面での平均垂直温度勾配を向上させる必要がある。

【0008】前記単結晶インゴットの結晶半径方向への垂直温度勾配偏差 $\Delta G$ を減らすためには、中心部の垂直温度勾配 $G_c$ を大きくするか、または外周部の垂直温度勾配 $G_e$ を小さくする必要がある。

【0009】しかしながら、外周部の垂直温度勾配 $G_e$ を低くして垂直温度勾配偏差 $\Delta G$ を減らすと、単結晶インゴット成長界面の平均垂直温度勾配が減少するので、単結晶インゴットの成長速度が低下する。

【0010】ゆえに、結晶欠陥の発生が低下し成長速度の向上を図る単結晶インゴットの製造装置、特に成長界面の熱環境に直接に影響を及ぼす熱シールド(thermal shield)の開発に多くの努力が集中されている。

【0011】図1は従来技術に係る単結晶インゴットの製造装置の概略断面図である。従来技術に係る単結晶インゴットの製造装置はシリコン融液15を充填する石英坩堝13がチャンバ11内に設置される。石英坩堝13は外部が黒鉛からなる坩堝支持台17で被覆され、この坩堝支持台17は回転軸19上に固定設置される。前記回転軸19は駆動手段(図示せず)によって回転され石英坩堝13を回転させながら上方に駆動される。

【0012】石英坩堝13を被覆した支持台17は所定間隔をおいて円筒形ヒータ21により取り囲まれ、このヒータ21は保温筒23により取り囲まれている。前記ヒータ21は石英坩堝13内の高純度の多結晶シリコン塊を溶融してシリコン融液15を作る役割をする。

【0013】チャンバ11の上部には、ケーブル33を巻いて引き上げる引上げ手段(図示せず)が設置され、この引上げ手段は回転される。ケーブル33の下部には、石英坩堝13内のシリコン融液15に接触し引き上げられながら単結晶インゴット29を成長させる種結晶(seed crystal)31が設置される。

【0014】チャンバ11の上部には、成長する単結晶インゴット29と坩堝13内のシリコン融液15とに不

活性ガスを外部から供給する供給管25が設置される。一方、チャンバ11の下部には、使用済みの不活性ガスを外部に排出する排気管27が設置される。

【0015】成長する単結晶インゴット29と坩堝13との間には、単結晶インゴット29を取り囲み、第1、第2及び第3遮蔽部37、39、41で構成された熱シールド35が設置される。前記第1遮蔽部37は円筒状でヒータ21からの輻射熱を遮断し、前記第2遮蔽部39は第1遮蔽部37の上部と連結されたフランジ状で保温筒23上に固定設置され、前記第3遮蔽部41は第1遮蔽部37の下部と連結され、三角形の断面を持つために単結晶インゴット29側へ突出する。

【0016】前記第3遮蔽部41は、下面がシリコン融液15と水平を成し、所定距離だけ離れており、これによりシリコン融液15から放出される輻射熱のチャンバ11の上部への転移を防止し、その輻射熱を単結晶インゴット29の成長界面付近に蓄積させる役割をする。その結果、単結晶インゴット29の成長界面付近では中心部と外周部との温度差が減少するので、結晶半径方向の垂直温度勾配の偏差 $\Delta G$ が減少する。したがって、所定の引上げ速度で成長する単結晶インゴット29内における、中心と周縁との温度差による欠陥の発生が減少する。第3遮蔽部41の内部には断熱特性の優れた材料が充填されるので、熱の単結晶インゴット29上部への伝達を防止する断熱部43となる。

【0017】

【発明が解決しようとする課題】しかし、従来技術に係る単結晶インゴットの製造装置は、熱シールドの第3遮蔽部が、シリコン融液から放出される輻射熱のチャンバ上部への転移を防止し、その輻射熱を第3遮蔽部とシリコン融液との間の成長界面付近にのみ蓄積させる。このため、蓄積された熱が単結晶インゴットの外周部に集中しないので温度が上昇しにくい。これにより結晶半径への垂直温度勾配偏差 $\Delta G$ が割りに大きいので結晶欠陥が多く発生するという問題点があった。また、第3遮蔽部とシリコン融液との間の上層部に蓄積された熱により中心部の熱の放出が抑制されるので、成長界面における平均垂直温度勾配が低下し成長速度が減少するという問題点があった。

【0018】したがって、本発明の目的は成長した単結晶インゴットの中心部と外周部との垂直温度勾配の偏差を減らすことにより、結晶欠陥発生の偏差を減少させる単結晶インゴットの製造装置を提供することにある。

【0019】本発明の他の目的は単結晶インゴット成長界面の平均垂直温度勾配を増加させることにより、単結晶インゴットの成長速度を向上させることができる単結晶インゴットの製造装置を提供することにある。

【0020】

【課題を解決するための手段】本発明の単結晶インゴットの製造装置は、チャンバと、このチャンバ内に設置さ

れ、所定の直径Dを有する単結晶インゴットの成長のためのシリコン融液を充填する石英坩堝と、この石英坩堝を被覆し、回転軸上に固定設置される坩堝支持台と、この坩堝支持台を取り囲む円筒状のヒータと、このヒータを取り囲むように設置され、前記ヒータから発散される熱の前記チャンバ側への拡散を防止する保温筒と、前記単結晶インゴットと坩堝との間に設置される円筒状の第1遮蔽部、この第1遮蔽部の上部と連結され、前記保温筒上に固定されるフランジ状の第2遮蔽部、および前記第1遮蔽部の下部と連結され、前記単結晶インゴット側へ突出する第3遮蔽部からなる熱シールドと、を含む単結晶インゴットの製造装置において、前記第3遮蔽部は、前記単結晶インゴット及び前記シリコン融液に向けて水平対応距離W1と第1曲率半径R1を有する第1面と、前記単結晶インゴットと反対側の前記ヒータ及び前記シリコン融液に向けて水平対応距離W2と第2曲率半径R2を有する第2面と、前記単結晶インゴットの外周面と対向する第3面と、前記チャンバの上部に向けて第3曲率半径R3を有する第4面と、からなることを特徴とする。

【0021】

【発明の実施の形態】以下、添付図面を参照しつつ、本発明の実施の形態を詳細に説明する。図2は本発明に係る単結晶インゴットの製造装置の実施の形態を示す概略断面図である。本発明に係る単結晶インゴットの製造装置の実施の形態は、シリコン融液55を充填する石英坩堝53がチャンバ51内に設置され、この石英坩堝53は外部が黒鉛からなる坩堝支持台57で被覆される。坩堝支持台57は回転軸59上に固定設置され、この回転軸59は駆動手段（図示せず）によって回転され石英坩堝53を回転させながら上方に駆動される。

【0022】石英坩堝53を被覆した支持台57は所定間隔を置いて円筒状のヒータ61により取り囲まれ、このヒータ61は保温筒63により取り囲まれている。前記ヒータ61は石英坩堝53内の高純度の多結晶シリコン塊を溶融してシリコン融液55を作り、保温筒63はヒータ61から発散される熱のチャンバ51壁側への拡散を防止し熱効率を向上させる。

【0023】チャンバ51の上部には、ケーブル73を巻いて引き上げる引上げ手段（図示せず）が設置され、前記ケーブル73の下部には、石英坩堝53内のシリコン融液55に接触し引き上げられながら単結晶インゴット69を成長させる種結晶71が設置される。引上げ手段は単結晶インゴット69の形成時にケーブル73を巻いて引き上げながら回転する。

【0024】チャンバ51の上部には、成長する単結晶インゴット69と坩堝53内のシリコン融液55とにAr、Ne及びN等の不活性ガスを外部から供給する供給管65が設置される。一方、チャンバ51の下部には、使用済みの不活性ガスを外部に排出する排気管67が設

置される。

【0025】単結晶インゴット69と坩堝53との間には、Mo、W、C又はSiCがコートされた黒鉛からなる熱シールド75が設置される。この熱シールド75は第1、第2及び第3遮蔽部77、79、81で構成され、単結晶インゴット69を取り囲むように設置される。

【0026】前記第1遮蔽部77は円筒状でヒータ61及び坩堝53からの輻射熱のインゴット69側への拡散を遮断する。第2遮蔽部79は第1遮蔽部77の上部と連結され、フランジ(flange)状で保温筒63上に固定設置され、ヒータ61からの輻射熱のチャンバ51上部への拡散を遮断する。第3遮蔽部81は第1遮蔽部77の下部と連結され、単結晶インゴット69側へ突出する。

【0027】図3は図2のA部分を示し、本発明の一実施形態に係る単結晶インゴットの製造装置の熱シールド75を示す拡大断面図であり、図4は図3の熱シールド75の作用状態図である。

【0028】図3に示すように熱シールド75の第3遮蔽部81は、凸状で単結晶インゴット69及びシリコン融液55に向いている第1面85と、凸状で単結晶インゴット69と反対側のヒータ61及びシリコン融液55に向いている第2面87と、単結晶インゴット69の外周面と対向する第3面89と、凹状でチャンバ51の上部に向けている第4面91とからなる。また、第3遮蔽部81の内部はカーボンフェルト(carbon felt)等の断熱特性の優れた材料が充填されるので、熱の単結晶インゴット69上部への伝達を防止する断熱部83となる。

【0029】第3遮蔽部81は第3面89が単結晶インゴット69から所定間隔IDだけ離れる。この間隔IDは工程中に第3遮蔽部81と単結晶インゴット69との衝突を防止するために10mm以上とし、かつシリコン融液55からの輻射熱の単結晶インゴット69上部への拡散を抑制するために30mm以下とする。即ち、間隔IDは $10\text{mm} \leq ID \leq 30\text{mm}$ である。

【0030】なお、単結晶インゴット69の直径をDとすると、第3面89の高さH1は $0.05D \leq H1 \leq 0.35D$ となり外周部の過冷却を防止し、第3遮蔽部81の高さH2は $1.0D \leq H2 \leq 2.0D$ となりシリコン融液55からの輻射熱の単結晶インゴット69上部への伝達を防止するので、上部と下部との温度差を大きくして中心部の垂直温度勾配Gcを増加させる。また、シリコン融液55と第3遮蔽部81との間の高さH3はヒータ61から単結晶インゴット69への輻射熱を増加させるために30~100mmとする。

【0031】第1及び第2面85、87は凸状でそれぞれ水平対応距離W1、W2と曲率半径R1、R2を有し、第4面91は凹状で曲率半径R3を有する。第1及

び第2面85、87の水平対応距離W1、W2の和は $0.5D \leq W1 + W2 \leq 1.0$ であり、比率は $1.0 \leq W1/W2 \leq 4.0$ である。また、第1及び第2面85、87の曲率半径R1、R2の比率は $1.0 \leq R1/R2 \leq 3.0$ であり、第4面91の曲率半径R3は $R3 \leq 2.0R1$ とする。

【0032】図4に示すように、前記凸状の第1面85により、シリコン融液55からの輻射熱は単結晶インゴット69の成長界面を中心として結晶部位及びシリコン融液55表面に放射状に反射される。したがって、単結晶インゴット69の外周部に達する輻射熱の密度が分散し、外周部の温度が過度でない程度に上昇するので、外周部の垂直温度勾配Geが適切に小さくなるとともに中心部の垂直温度勾配Gcは適切に大きくなる。

【0033】なお、凸状の第2面87はシリコン融液55の輻射熱を石英坩堝53方向に反射させ、シリコン融液55と第3遮蔽部81との間の熱密度を低下させる。したがって、単結晶インゴット69中心部の熱が容易に放出されるので、成長界面における平均垂直温度勾配を向上させる。

【0034】前記第1面85と第2面87が同一の曲率半径を有する時は同一の中心点を有することもできる。

【0035】第3面89は単結晶インゴット69からの熱を反射させ外周部の温度を向上させる。そして、凹状の第4面91は、単結晶インゴット69上部からの熱をチャンバ51上部へ反射させ、その熱の単結晶インゴット69上部への還元を防止するので、平均垂直温度勾配を向上させる。

【0036】上記で前記第4面91が1つの曲率半径R3を有すると説明したが、2つ以上の多段の曲率半径を有することもできる。第4面91が2つ以上の多段の曲率半径を有すると、第4面91の、単結晶インゴット69と隣接した部分は1つの曲率半径を有する時と同一の曲率半径R3を有するが、単結晶インゴット69から遠くなるほど漸次曲率半径が大きくなる。これにより、第4面91の、単結晶インゴット69と隣接した部分は、単結晶インゴット69からの熱をチャンバ51上部へ反射させ、その熱の単結晶インゴット69上部への還元を防止するので、平均垂直温度勾配を向上させる。一方、インゴット69から漸次遠くなって曲率半径が大きくなった部分は、単結晶インゴット69からの熱を単結晶インゴット69上部の冷却された部分に集中的に照射させるように反射させ、付加的な熱処理により結晶欠陥を取り除く。

【0037】下記の表1は従来技術に係る装置及び本発明に係る装置で単結晶インゴットを成長させる時の、結晶中心部の垂直温度勾配Gcの変化と結晶半径方向の垂直温度勾配偏差ΔGの変化とを示す。

【0038】

【表1】

	Gc (°K/cm)	ΔG (°K/cm)
従来技術	22.01	0.83
本発明	26.44	0.65

【0039】上記表1を参照すると、結晶中心部の垂直温度勾配Gcは、従来技術に係る装置では22.01°K/cmであるが、本発明に係る装置では26.44°K/cmに向上するので、結晶欠陥を抑制する成長速度の向上を図ることができる。また、結晶半径方向の垂直温度勾配偏差ΔGは、従来技術に係る装置では0.83°K/cmであるが、本発明に係る装置では0.65°K/cmに低下するので、従来技術条件下に比べてより向上した所定の引上げ速度でも結晶欠陥発生の偏差を減少させることができる。

【0040】上述したように本発明の一実施形態に係る単結晶インゴットの熱シールド75は、第1面85により、シリコン融液55からの輻射熱を単結晶インゴット69へ反射させて結晶外周部の温度を上昇させ、かつシリコン融液55と第3遮蔽部81との間の高さH3を調節してヒータ61から単結晶インゴット69への輻射熱を増加させて結晶外周部の温度を上昇させ、これにより垂直温度勾配が小さくなる。したがって、単結晶インゴットの結晶半径方向の垂直温度勾配偏差ΔGが減少し結晶欠陥発生の偏差を減少させる。

【0041】なお、第3遮蔽部81により、シリコン融液55からの輻射熱の単結晶インゴット69上部への伝達を防止し、第2面87により、シリコン融液55からの輻射熱を石英坩堝53へ反射させてシリコン融液55と第3遮蔽部81との間の熱密度を低下させ、第4面91により、単結晶インゴット69上部からの熱をチャンバ51上部へ反射させてその熱の単結晶インゴット69の上部への還元を防止する。したがって、単結晶インゴット69の下部と上部との温度差を大きくし、結晶中心部を含む平均垂直温度勾配を向上させるので、結晶欠陥の発生を抑える単結晶インゴットの成長速度の向上を図ることができる。

【0042】図5は本発明の他の実施形態に係る熱シールド75の拡大断面図である。本発明の他の実施形態に係る熱シールド75は図3に示した本発明の一実施形態に係る熱シールド75と第1面85を除いては同一構成を有するので、図3と同一部分には同一符号を付してある。

【0043】本発明の他の実施形態に係る熱シールド75は第3遮蔽部81の第1面85'が本発明の一実施形態に係るものと反対の曲率半径R1'を有する凹状である。前記第1面85'の曲率半径R1'はR1' ≤ 1/2R3とする。

【0044】図6に示すように前記凹状の第1面85'は、シリコン融液55の輻射熱を単結晶インゴット69の成長界面上に集中的に照射させるように反射させる。これにより、単結晶インゴット69の外周部の温度が上

昇しここの垂直温度勾配が小さくなる。

【0045】上記他の実施形態で前記第4面91が2つ以上の多段の曲率半径を有することもできる。第4面91が2つ以上の多段の曲率半径を有すると、第4面91の、単結晶インゴット69と隣接した部分は1つの曲率半径を有する時と同一の曲率半径R3を有するが、単結晶インゴット69から遠くなるほど漸次曲率半径が大きくなる。

【0046】上述したように本発明は、第3遮蔽部の第1面により、シリコン融液からの輻射熱を単結晶インゴットの下部に反射させ、かつシリコン融液と第3遮蔽部との間の高さを調節してヒータから単結晶インゴットへの輻射熱を増加させ、これにより単結晶インゴットの外周部の温度を上昇させて垂直温度勾配を減らす。なお、第3遮蔽部により、シリコン融液からの輻射熱の単結晶インゴット上部への伝達を防止し、第2面により、シリコン融液からの輻射熱を石英坩堝へ反射させてシリコン融液と第3遮蔽部との間の熱密度を低下させる。さらに、第4面により、単結晶インゴット上部からの熱の単結晶インゴット上部への還元を防止し平均垂直温度勾配を向上させる。

【0047】

【発明の効果】したがって、本発明は単結晶インゴットの結晶半径方向の垂直温度勾配の偏差ΔGを減らすことにより、結晶欠陥発生の偏差を減少させ、且つ平均垂直温度勾配を向上させることにより、結晶欠陥の発生を抑制する単結晶インゴットの成長速度の向上を図ることができるという利点がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】従来技術に係る単結晶インゴットの製造装置の概略断面図である。

【図2】本発明の一実施形態に係る単結晶インゴットの製造装置の概略断面図である。

【図3】本発明の一実施形態に係る単結晶インゴットの製造装置の熱シールドを示す図2のA部分の拡大断面図である。

【図4】図3の熱シールドの作用状態図である。

【図5】本発明の他の実施形態に係る熱シールドの拡大断面図である。

【図6】図5の熱シールドの作用状態図である。

【符号の説明】

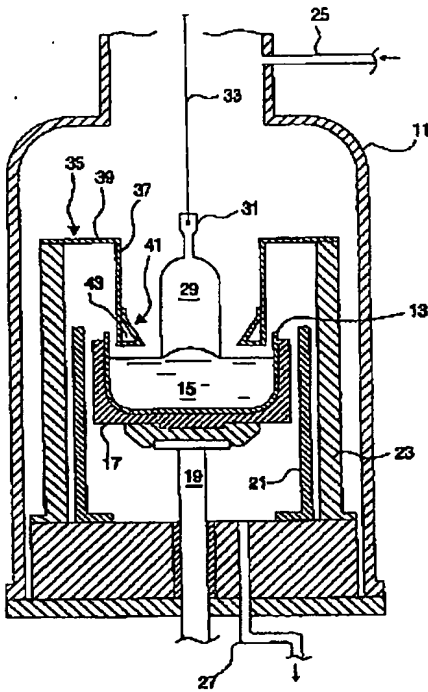
- 51 チャンバ
- 53 石英坩堝
- 55 シリコン融液
- 57 坩堝支持台
- 59 回転軸
- 61 ヒータ
- 63 保温筒
- 69 単結晶インゴット
- 75 熱シールド



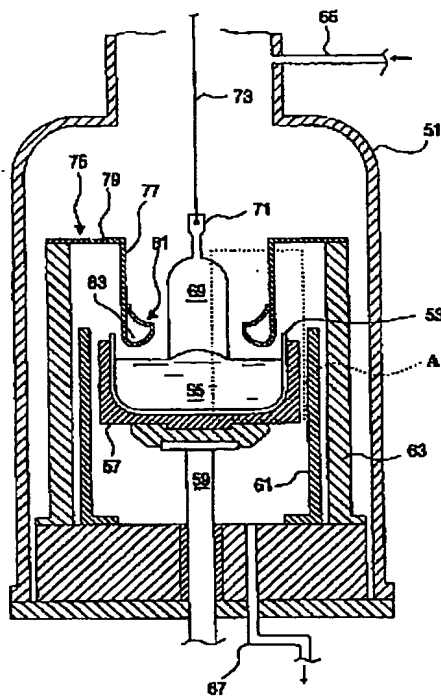
77 第1遮蔽部  
79 第2遮蔽部  
81 第3遮蔽部  
83 断熱部

85, 85' 第1面  
87 第2面  
89 第3面  
91 第4面

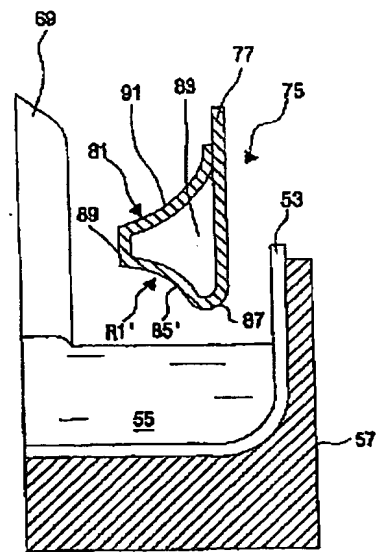
【図1】



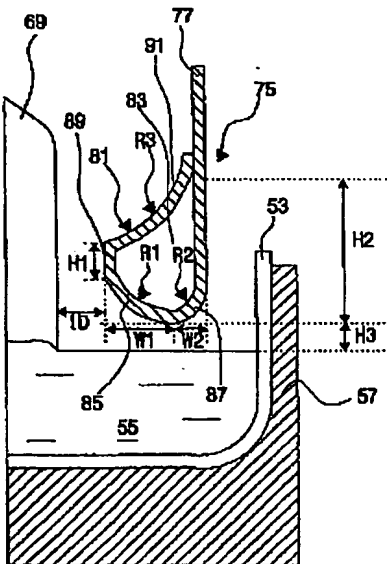
【図2】



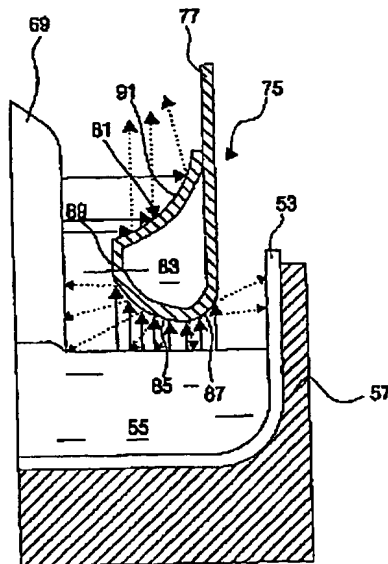
【図5】



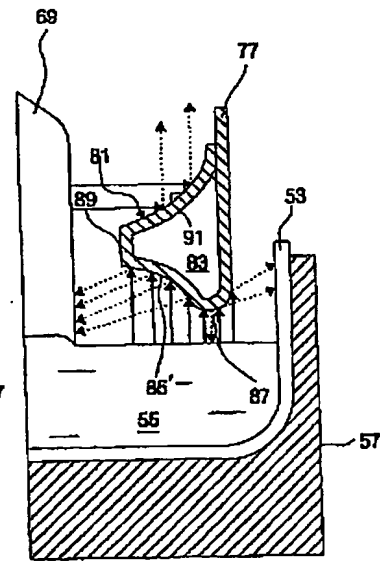
【図3】



【図4】



【図6】



## フロントページの続き

(72)発明者 崔 ▲ジョン▼ 榮

大韓民国 キョンサンブクドー チルゴク  
ゲン セオジェオクミョン ナミュルリ  
ウーバンシンチェオンジタウン 101-507

(72)発明者 趙 鉉 鼎

大韓民国 キョンギドー プチェオンシ  
ウォンミグ サンドン ハナレウム アパ  
ート 1510-9757

(72)発明者 俞 学 道

大韓民国 ソール セオンブクグ ジェオ  
ンレウン 2-ドング サン 87-85 サ  
ンジャンピラ 5-207Fターム(参考) 4G077 AA02 BA04 CF10 EG20 EG25  
PA16

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☒ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**